

Variation Characteristics of Winter Wind Intensity on Xisha Islands

Chuanbo Fu^{1,2}, Hui Luo^{2,3}, Haixia Ouyang^{2,3}

¹Hainan Meteorological observatory, Haikou Hainan

²Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation of Hainan Province, Haikou Hainan

³Sansha Meteorological Bureau, Sansha Hainan

Email: hnfuchuanbo@163.com

Received: Dec. 4th, 2018; accepted: Dec. 13th, 2018; published: Dec. 20th, 2018

Abstract

In this paper, the ground observation data in Xisha Yongxing Island from 1971 to 2013 was used to analyzed, combined with statistical analysis methods of climatic trend and Morlet wavelet, the relationship between the winter monsoon index (WMI) and the temperature was analyzed. The results show that: 1) The WMI mainly showed a volatility downward trend from 1971 to 2013 in Yongxing Island. The regression coefficient was $-0.395 \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$, and the trend coefficient was -0.615 , which had past 99.9% significant test. 2) The average temperature and the minimum temperature showed significant upward trends, and the correlation coefficients between WMI and average temperature and minimum temperature were -0.40 and -0.38 , respectively, which shows a good negative correlation. 3) WMI undergoes a positive-negative-positive-negative alternation on a large time scale of 20 - 22 a, and the periodic oscillation on the time scale of 10 - 12 a is most obvious. In a small scale of 2 - 4 a, there also existed more cycles of alternating WMI and weaker periods. 4) In the strong WMI year, East Asian trough is stronger than in the weak year, and the Mongolian high pressure is stronger than in the weak WMI year.

Keywords

WMI, Temperature, Morlet Wavelet Analysis

影响西沙群岛冬季风强度的变化特征

符传博^{1,2}, 罗 辉^{2,3}, 欧阳海霞^{2,3}

¹海南省气象台, 海南 海口

²海南省南海气象防灾减灾重点实验室, 海南 海口

³三沙市气象局, 海南 三沙

Email: hnfuchuanbo@163.com

收稿日期：2018年12月4日；录用日期：2018年12月13日；发布日期：2018年12月20日

摘要

本文利用1971~2013年西沙永兴岛地面常规观测资料，同时结合气候趋势、Morlet小波分析等多种统计分析方法对西沙群岛地区冬季风强度指数及其与气温的关系进行分析，结果表明：1) 冬季风强度指数(WMI)在1971~2013年主要呈现波动状的下降趋势，其回归系数为 $-0.395(\text{m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$ ，趋势系数为 -0.615 ，通过了99.9%的显著性检验。2) 平均气温和最低气温主要表现为显著的上升趋势，且WMI与平均气温、最低气温的相关系数分别为 -0.40 和 -0.38 ，有较好的负相关关系。3) WMI在20~22 a较大时间尺度上经历了正-负-正-负的交替，在10~12 a的时间尺度上的周期振荡最为明显，在2~4 a的小尺度上，也有更多WMI偏强和偏弱期的循环交替。4) WMI偏强年份东亚大槽强度比偏弱年份要强，蒙古高压在WMI偏强年份较偏弱年份要强。

关键词

冬季风指数，气温，Morlet小波分析

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

东亚冬季风是亚洲季风系统的一个重要组成部分，它影响时间长、区域大，是北半球冬季最为活跃的大气环流系统。冬半年中国广大地区的天气特点也主要受东亚冬季风影响，同时会带来低温、雨雪和冰冻等灾害[1] [2] [3]。近年来国内外的学者们对东亚冬季风做了较为全面的研究，李崇银等[4]早在1987年就指出东亚冬季风的强异常是El Nino爆发的一个重要机制。郭其蕴[5]研究了近40年(1951~1990)冬季风的变化，论述了其与中国气温的异常密切相关。施能[6]曾指出东亚冬季风强盛时，下一年我国夏季的江淮流域容易偏涝。徐建军等[7]利用了海平面气压场资料计算了近百年东亚冬季风的强度指数，揭示东亚冬季风有着突发性和周期性。陈文玉等[8]认为，亚洲地区季风的异常，不仅会影响到本地区的降水和旱涝状况，而且关系到全球环流的异常。

在研究东亚冬季风的时候，前人从不同角度定义了东亚冬季风强度指数，如海-陆气压差[1]、区域平均经向风[9] [10]、纬向风[11]、水平风速[12]和东亚大槽[13] [14]。它们都可以很好的反映东亚冬季风环流异常，但是由于这些指数定义的侧重点不同，因此它们所指示的冬季风强弱年份并不完全一致，而且不同指数所适用的研究区域也不相同。三沙市永兴岛位于南海中部海域，是我国地理位置最为偏南、纬度最低的测站之一，本文主要利用永兴岛1971年至今的观测资料，引入适用于该区域的冬季风强度指数，研究其变化趋势和周期性，以及对该地区气温的影响。

2. 资料及分析方法

2.1. 资料选取

西沙永兴岛气象站(16.83°N, 112.33°E)始建于1957年，但是地面风向和风速等资料在1971年以后才

有较完整的观测,因此本文选用时间年限为 1971 年 1 月~2014 年 2 月共 43 年地面气象台站的最大风向、最大风速和日平均气温等逐日观测资料进行分析,资料均来自三沙市气象局。此外为了分析西沙群岛冬季风强度指数(WMI)异常年份大气环流的特征,本文还用到了 NCEP/NCAR 再分析资料,是美国国家环境预报中心(NCEP)和美国国家大气研究中心(NCAR)利用观测资料、预报模式和同化系统对全球从 1948 年到目前的气象资料进行再分析形成的格点资料[15],经纬网格距为 2.5° (经度) \times 2.5° (纬度),而且该资料已经被广泛应用于气候诊断分析和数值模拟之中[16] [17] [18] [19]。

2.2. 分析方法

2.2.1. 冬季风强度指数

本文定义冬季(12 月~翌年 2 月)西沙永兴岛观测的,日最大风速的风向方位角在 1~4 之间,最大风速的平均值作为西沙冬季风强度指数(WMI) [20]。

2.2.2. 气候趋势系数方法

为研究西沙群岛冬季风强度指数 WMI 近 43 年来定量的变化程度,并可对其进行统计检验,本文利用施能等[21] [22]的研究方法,计算了气候趋势系数 r_{xt} 。该趋势系数定义为 n 个时刻(年)的要素序列与自然数列 $1, 2, 3, \dots, n$ 的相关系数:

$$r_{xt} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(i - \bar{i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}}$$

其中 n 为年数。 x_i 是第 i 年要素值, \bar{x} 为其样本均值。 r_{xt} 值为正(负)时,表示该要素在所计算的 n 年内有限性增(降)的趋势,且符合自由度 $n - 2$ 的 t 分布,从而可以检验这种气候趋势是否有物理意义,还是一种随机振动。

2.2.3. Morlet 小波函数分析法

气候变化具有多时间和多空间尺度特性,包含了多层次的突变,小波分析基于平移和伸缩的不变性,具有正则性、局部性等良好的性质。小波变换分析方法将时间序列引入频率、时间和空间来描述,因此,特别适合对信号进行多尺度分析。Morlet 小波分析具有多分辨率分析的特点它优于传统的 Fourier 分析,近年来广泛应用于多尺度气候分析研究[23] [24]并取得了较好的效果。Morlet 小波(实部)变化系数的大小代表某一尺度波动振幅的大小,反映它所对应时段时间尺度的周期性是否显著,小波系数正负分别表示该时段要素为偏多期和偏少期,小波系数零值线对应要素气候突变(转折)期。此外本文分析中还用到回归分析、11 年二项式平滑、相关分析等统计方法[25]。

3. 结果分析

3.1. 西沙冬季风强度、平均气温和最低气温的年际和年代际变化

图 1 给出了 1971~2013 年 WMI 的年际变化及其去趋势变化,去趋势的概念见 3.3 小节。由图 1(a)可以直观地看到, WMI 在过去近 40 余年来主要呈现波动状的下降趋势,其回归系数为 $-0.395 \text{ (m}\cdot\text{s}^{-1})/10\text{a}$,趋势系数为 -0.615 ,通过了 99.9% 的显著性检验(表 1),下降趋势十分显著,这样的研究结果与前人的基本一致[25]。对比不同年代 WMI 的变化特点(表 2)可知, WMI 在上世纪 70 年代为 7.338 m/s , 2011~2013 年平均为 6.041 m/s ,下降了 1.297 m/s ,下降率为 17.7%。

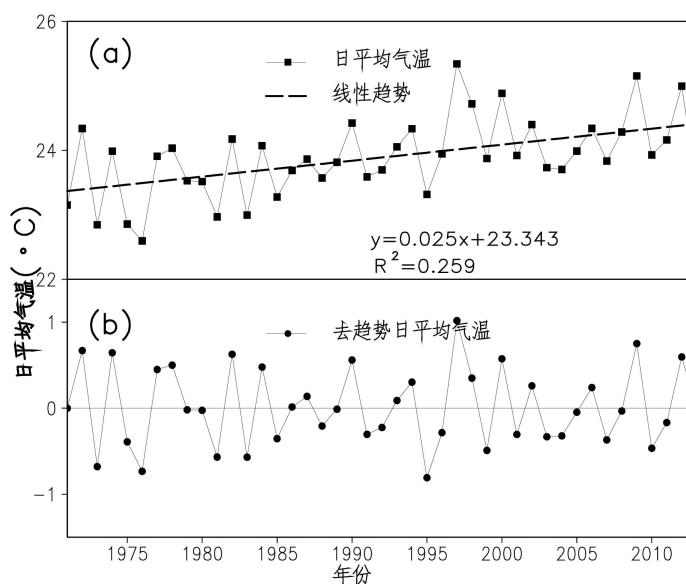


Figure 1. Annual variation of WMI in Xisha Island (a) and its deleted trend change (b)
图 1. 西沙群岛冬季风指数年际变化(a)及其去趋势变化(b)

Table 1. The annual variation trend of WMI and temperature in Xisha Islands

表 1. 西沙群岛 WMI 和气温的变化趋势

	平均值	均方差	回归系数	趋势系数	显著性(%)
WMI (m/s)	6.562	0.817	-0.395	-0.615	99.9
平均气温(°C)	23.889	0.605	0.242	0.509	99.9
最低气温(°C)	22.344	0.599	0.261	0.553	99.9

回归系数单位: WMI, (m·s⁻¹)/10a; 气温, °C/10a

Table 2. The average value of WMI and temperature in different times in Xisha Islands

表 2. 西沙群岛 WMI 和气温不同年代的平均值

	1971~1980	1981~1990	1991~2000	2001~2010	2011~2013
WMI (m/s)	7.338	6.689	6.335	6.042	6.041
平均气温(°C)	23.475	23.684	24.175	24.128	24.199
最低气温(°C)	21.956	22.127	22.503	22.659	22.781

注: 2010 年代只为 4 年。

在 WMI 呈下降趋势的同时, 西沙海域平均气温和最低气温主要表现为显著的上升趋势。平均气温和最低气温的回归系数分别为 0.242°C/10a 和 0.261°C/10a, 趋势系数分别为 0.509 和 0.553, 均通过了 99.9% 的显著性检验, 上升趋势十分显著。对比而言, 最低气温上升更为明显。WMI 与平均气温、最低气温的相关系数分别为 -0.40 和 -0.38, 有较好的负相关关系, 均通过了 99% 的显著性检验。冬季风形成的根本原因是海陆之间存在热力的差异, 在全球变暖的大环境背景下, 海洋和陆地升温的幅度存在一定的差异, Hansen 等[26]研究表明, 冬季东亚高纬度地区陆面的升温幅度, 大于中国海及临近海面的升温幅度, 促使东亚海陆气压梯度存在降低的趋势。WMI 下降的原因还有待于进一步分析(图 2)。

份有 1982, 1999 和 2005 年, 下面分别选用 2003 年和 2005 年作为 WMI 异常偏弱和偏强年份进行分析。图 4(a)和图 4(b)分别给出了 2003 年和 2005 年东亚地区冬季 500 hPa 位势高度场分布。图中表明, 冬季 WMI 异常年份东亚地区 500 hPa 均表现为大槽的形势, 但相比而言, 偏强年份东亚大槽强度比偏弱年份要强, 而且 WMI 偏强时, 西伯利亚东部到日本北部地区有一明显低涡出现, 中心值可达 515 dagpm。而 WMI 偏弱年份这一地区没有低涡中心出现。

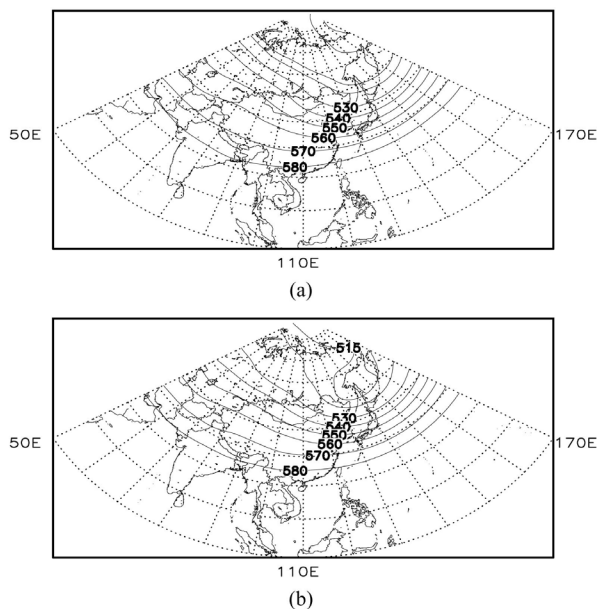


Figure 4. Distribution of 500 hPa geopotential height field in East Asia, (a) for 2003; (b) for 2005 (unit: dagpm)
图 4. 东亚地区 2003 年(a)和 2005 年(b)冬季 500 hPa 位势高度场分布(单位: dagpm)

图 5 分别给出了冬季 WMI 偏弱和偏强年份海平面气压及其与气候值差值分布。从图中可以直观看出, WMI 偏弱时东亚中高纬地区海平面气压明显偏弱, 与气候值相比最多可偏弱 4 hPa, 但我国西部局地有弱的偏高地区, 蒙古高压中心值可达 1035 hPa 左右。相比而言 WMI 偏强时, 东亚中高纬地区海平面气压明显偏强很多, 与气候值差值最高可达 10 hPa, 另外在青藏高原上有以海平面气压偏弱区, 中心为-4 hPa。WMI 偏强年份蒙古高压中心值可达 1037.5 hPa, 比偏弱年高了 2.5 hPa。

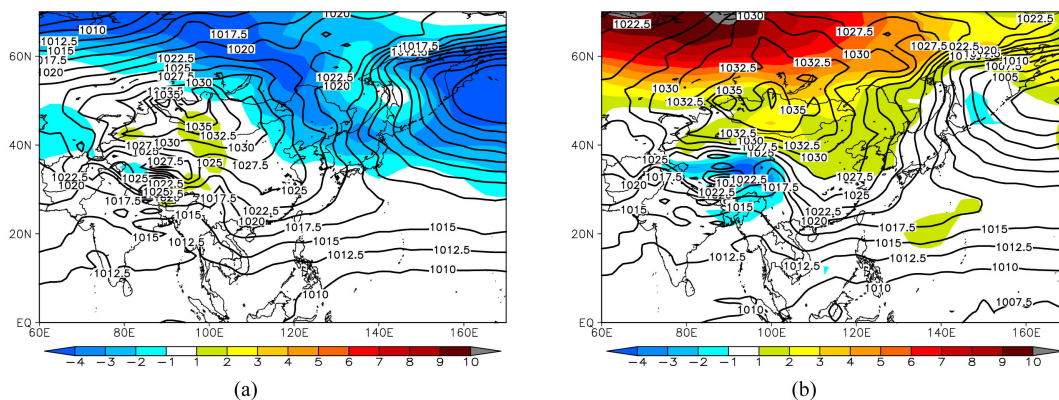


Figure 5. Distribution of sea level pressure (contour) in winter and its difference with climate value (shadow, 1983-2012), (a) fro 2003; (b) for 2005, (unit: hPa)

图 5. 2003 年(a)和 2005 年(b)冬季海平面气压(等值线)及其与气候值(1983~2012 年)差值(阴影)分布(单位: hPa)

4. 结论

本文利用 1971~2013 年西沙永兴岛地面常规观测资料, 利用多种统计分析方法对该区域较为适用的冬季风强度指数及其气温的关系进行分析, 得出以下主要结论:

- 1) 冬季风强度指数在 1971~2013 年主要呈现波动状的下降趋势, 其回归系数为 $-0.395 (m \cdot s^{-1})/10a$, 趋势系数为 -0.615 , 通过了 99.9% 的显著性检验。
- 2) 平均气温和最低气温在 1971~2013 年主要表现为显著的上升趋势, 趋势系数分别为 0.509 和 0.553, 均通过了 99.9% 的显著性检验。WMI 与平均气温、最低气温的相关系数分别为 -0.40 和 -0.38 , 有较好的负相关关系。
- 3) WMI 在 20~22 a 较大时间尺度上经历了多-少-多-少的交替; 在 10~12 a 的时间尺度上也有明显的周期振荡, 且最大正负值中心出现在此区域, 说明这一尺度的波动强度大; 80 年代到 90 年代, 8~9 a 的时间尺度有周期振荡; 在 2~4 a 的小尺度上, 则有更多 WMI 偏多和偏少期的循环交替。
- 4) WMI 偏强年份(2005 年)东亚大槽强度比偏弱年份(2003 年)要强, 而且西伯利亚东部到日本北部地区有一明显低涡出现, 中心值可达 515 hPa。WMI 偏弱年份这一地区没有低涡中心, 但有低值区域出现。WMI 偏弱时东亚中高纬地区海平面气压明显偏弱, 偏强时海平面气压明显偏强, 另外 WMI 偏强年份蒙古高压中心值比偏弱年高。

基金项目

资助项目: 中国气象局预报员专项(CMAYBY2018-059); 国家重点研发计划课题(2016YFA0602501); 国家自然科学基金项目(资助号 41630532, 41275093)。

参考文献

- [1] 施能. 近 40 年东亚冬季风强度的多时间尺度变化特征及其与气候的关系[J]. 应用气象学报, 1996, 7(2): 175-182.
- [2] 吴尚森, 梁建茵. 华南冬季异常冷月预测概念模型 I: 500 hPa 高度场和海温场特征[J]. 热带气象学报, 2000, 16(3): 193-201.
- [3] 刘舸, 纪立人, 孙淑清, 等. 关于东亚冬季风指数的一个讨论——东亚中、低纬冬季风的差异[J]. 大气科学, 2013, 37(3): 755-764.
- [4] 李崇银, 胡季. 关于东亚冬季风指数的一个讨论——东亚中、低纬冬季风的差异[J]. 大气科学, 1987, 11(4): 359-364.
- [5] 郭其蕴. 东亚冬季风的变化与中国气温异常的关系[J]. 应用气象学报, 1994, 5(2): 218-225.
- [6] 施能, 朱乾根. 东亚冬季风强度指数与夏季 500hPa 环流及我国气候异常的关系[J]. 热带气象学报, 1996, 12(1): 26-33.
- [7] 徐建军, 朱乾根, 周铁汉. 近百年东亚冬季风的突变性和周期性[J]. 应用气象学报, 1999, 10(1): 1-8.
- [8] 陈文玉. 东亚冬季风强度指数与热带风暴活动[J]. 军事气象, 2001(3): 25-27.
- [9] Ji, L.R., Sun, S.Q., Arpe, K., *et al.* (1997) Model Study on the Interannual Variability of Asian Winter Monsoon and Its Influence. *Advances in Atmospheric Sciences*, **14**, 1-22. <https://doi.org/10.1007/s00376-997-0039-4>
- [10] Chen, W., Graf, H.F. and Huang, R.H. (2000) The Interannual Variability of East Asian Winter Monsoon and Its Relation to the Summer Monsoon. *Advances in Atmospheric Sciences*, **17**, 48-60. <https://doi.org/10.1007/s00376-000-0042-5>
- [11] Jhun, J.G. and Lee, E.J. (2004) A New East Asian Winter Monsoon Index and Associated Characteristics of the Winter Monsoon. *Journal of Climate*, **17**, 711-726. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2004\)017<0711:ANEAWM>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2004)017<0711:ANEAWM>2.0.CO;2)
- [12] 王会军, 姜大膀. 一个新的东亚冬季风强度指数及其强弱变化之大气环流场差异[J]. 第四纪研究, 2004, 24(1): 19-27.
- [13] 孙淑清, 孙伯民. 东亚冬季风环流异常与中国江淮流域夏季旱涝天气的关系[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 440-450.
- [14] 崔晓鹏, 孙照渤. 东亚冬季风强度指数及其变化的分析[J]. 南京气象学院学报, 1999, 22(3): 321-325.

- [15] Kalnay, E., Kanamitsu, M., Kistler, R., *et al.* (1996) The NCEP/NCAR 40-Year Reanalysis Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, **77**, 437-471. [https://doi.org/10.1175/1520-0477\(1996\)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0477(1996)077<0437:TNYRP>2.0.CO;2)
- [16] 李斐, 李建平, 李艳杰, 等. 青藏高原绕流和爬流的气候学特征[J]. 大气科学, 2012, 36(6): 1236-1252.
- [17] 宋雯雯, 李国平, 唐钱奎. 加热和水汽对两例高原低涡影响的数值试验[J]. 大气科学, 2012, 36(1): 117-129.
- [18] 林壬萍, 周天军, 薛峰, 等. NCEP/NCAR 再分析资料所揭示的全球季风降水变化[J]. 大气科学, 2012, 36(5): 1027-1040.
- [19] 李国平, 赵福虎, 黄楚惠, 等. 基于 NCEP 资料的近 30 年夏季青藏高原低涡的气候特征[J]. 大气科学, 2014, 38(4): 756-769.
- [20] 彭子成, 陈特固, 聂宝符, 等. 近 50 余年来南海西沙海域冬季风强度的变率[J]. 地理学报, 2003, 58(5): 721-726.
- [21] 施能, 陈家其, 屠其璞. 中国近 100 年四个年代际的气候变化特征[J]. 气象学报, 1995, 53(4): 531-539.
- [22] 施能, 黄先香, 杨扬. 1948~2000 年全球陆地年降水量场趋势变化的时、空特征[J]. 大气科学, 2003, 27(6): 971-982.
- [23] 孙澍. 北京城区与郊区雷暴气候特征及其变化对比分析[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(5): 649-656.
- [24] 虞海燕, 刘树华, 赵娜, 等. 我国近 59 年日照时数变化特征及其与温度、风速、降水的关系[J]. 气候与环境研究, 2011, 16(3): 389-398.
- [25] 魏凤英. 现代气候统计诊断与预测技术[M]. 北京: 气象出版社, 2007.
- [26] Hansen, J.R. (1999) GISS Analysis of Surface Temperature Change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, **104**, 30997-31022. <https://doi.org/10.1029/1999JD900835>
- [27] 毛飞, 卢志光, 郑凌云, 等. 近 40 年那曲地区日照时数和风速变化特征[J]. 气象, 2006, 32(9): 77-83.
- [28] 郑有飞, 尹继福, 吴荣军. 我国大陆极端高温基于去趋势波动及排列熵法的时空分布特征研究[J]. 热带气象学报, 2012, 28(2): 251-257.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2168-5711, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入, 输入文章标题, 即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ccrl@hanspub.org